

ПШЕНИЧНЫЙ КРАХМАЛ КАК АЛЬТЕРНАТИВА КУКУРУЗНОМУ

Чашухина Алена Станиславовна,
инженер, Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная компания»,
г. Пермь, E-mail: Alena.Chashchukhina@pcbkr.ru

Идиатуллин Анвар Мугинович,
кандидат технических наук,
директор, ООО «Технобум-2», Московская область, п. Правдинский,
E-mail: amidiatullin@gmail.com

Житнюк Виталий Анатольевич,
кандидат технических наук, главный технолог,
Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная компания»,
г. Пермь, E-mail: Vitaly.Zhitnyuk@pcbkr.ru

Авагимян Андрей Нельсонович,
зам. главного технолога, Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная
компания», г. Пермь, E-mail: Andrey.Avagimyan@pcbkr.ru

Смышляева Елена Геннадьевна,
начальник отдела, Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная компания»,
г. Пермь, E-mail: Elena.Butorova@pcbkr.ru

Ключевые слова: пшеничный крахмал, крахмальный клей, клейстеризация, вязкость.

Аннотация. В данной работе рассматривается возможность замещения кукурузного крахмала пшеничным, сравнивается их структура и свойства.

WHEAT STARCH AS AN ALTERNATIVE TO CORN

Chashchukhina Alena Stanislavovna,
engineer, Perm Pulp and Paper Company,
Perm, E-mail: Alena.Chashchukhina@pcbkr.ru

Idiatullin Anwar Muginovich,
Ph.D. of Engineering Sciences, Director, LLC «Technobum-2»,
Moscow region, Pravdinskiy, E-mail: amidiatullin@gmail.com

Gitnik Vitaly Anatolievich,
Ph.D. of Engineering Sciences, chief technologist,
Perm Pulp and Paper Company, Perm, E-mail: Vitaly.Zhitnyuk@pcbkr.ru

Avagimyan Andrey Nelson's,
deputy chief technologist, Perm Pulp and Paper Company,
Perm, E-mail: Andrey.Avagimyan@pcbkr.ru

Smyshlyaeva Elena Gennadievna ,
head of department, Perm Pulp and Paper Company,
Perm, E-mail: Elena.Butorova@pcbkr.ru

Key words: wheat starch, starch glue, gelatinization, viscosity.

Abstract. In this paper we consider the possibility of replacing corn starch with wheat, compare their structure and properties.

Крахмал – природный полимер глюкозы, выделенный из растений. Крахмал является карбогидратом (формула $C_6H_{10}O_5)_n$, который под воздействием кислотного гидролиза переходит в D-глюкозу. Крахмал состоит из плотно упакованных мелких гранул, в состав которых дополнительно входят фосфорные, кремниевые кислоты, азотистые соединения. Основной состав крахмала – два типа полимеров-углеводов: амилозы, с преимущественно линейными цепочками и амилопектина, с преимущественно ветвящимися цепочками. Соотношение этих полимеров варьируется в зависимости от исходного типа растений. При этом содержание линейной амилозной фракции может варьироваться от 0...5 % для восковидной кукурузы до 70% и выше у высокоамилозной кукурузы. Наиболее распространенные отечественные виды крахмала кукурузный и пшеничный имеют содержание амилозной фракции $\approx 20...25$ %. Гранулы крахмала нерастворимы в холодной воде. Для их превращения в клеящую массу их необходимо нагреть в присутствии воды до набухания и разрыва оболочки крахмального зерна, сопровождающегося частичным растворением и раскрытием полимерных цепочек [1].

Крахмал является одним из самых распространенных в мире вспомогательных веществ в бумажной промышленности. Применение крахмала в бумажной промышленности достаточно разнообразно – добавки в бумажную массу для упрочнения, связующее для поверхностной проклейки и мелования бумаги, клеи для склеивания гофрированного картона, бумажных мешков и бумажно-навивной тары, коагулянты при очистке промышленных и бытовых сточных вод.

Традиционно для приготовления клея в бумажной промышленности чаще используют кукурузный крахмал. Однако в последнее время все более популярными становятся составы на основе пшеничного крахмала, благодаря, главным образом, коммерческим соображениям, которые превосходят некоторые недостатки данного типа крахмала. По прогнозам, использование пшеничного крахмала существенно увеличится, в частности среди больших потребителей, которые готовы вкладывать средства в оборудование и технологии, чтобы упростить переход на новую систему [2].

Сравнительные характеристики пшеничного и кукурузного крахмалов представлены на рис. 2. Для улучшения растворимости, повышения связующих свойств, придания катионного заряда и коагулирующих свойств крахмалы модифицируют, и это дает дополнительный эффект, связанный с повышением удержания ими мелкого волокна, наполнителя. Производство картона для плоских слоев предусматривает использование макулатуры в качестве основного сырья. Чтобы применять макулатурную массу в широком ассортименте целлюлозно-бумажных изделий, ее необходимо подвергать глубокому облагораживанию с высокой степенью восстановления бумагообразующих свойств, что требует больших капиталовложений.



Рис. 2. Сравнительные характеристики пшеничного и кукурузного крахмалов

Материалы, получаемые из такого сырья, не имеют достаточного уровня прочности и жесткости. Многие годы для устранения этих проблем использовались натуральные крахмалы. Их основное преимущество – низкая стоимость, а главный недостаток – большой расход на тонну продукции, замедление обезвоживания, загрязнение оборотных и сточных вод растворенным и диспергированным крахмалом. Катионные модификации крахмала позволили устранить эти недостатки. Они имеют прочную адсорбцию к волокну и хорошо удерживаются в массе, благодаря чему покрывают большую поверхность волокон и дают хорошее внутреннее сцепление при низком расходе, при этом сами катионные крахмалы практически полностью адсорбируются на волокнах и не остаются в оборотной воде в растворенном виде. В дополнение, катионные крахмалы являются эффективным средством удержания мелочи, наполнителей и вредной смолы. Катионный крахмал – замещенный крахмал, содержащий группы, способные придавать ему положительный заряд в водной среде.

Применяются катионные крахмалы преимущественно для добавки в бумажную массу практически для всех видов бумаги и картона, в том числе. В отличие от нативного крахмала, катионные крахмалы не только повышают прочность бумаги и картона, но при определенных условиях способны значительно повысить удержание мелочи на сетке БДМ и естественно снизить содержание взвешенных веществ в подсеточной воде, улучшить работу отстойников для избыточной оборотной воды, а также имеют ряд других преимуществ [3].

Склеивание гофрированных и плоских слоев картона является основным процессом изготовления гофрированного картона. Качество применяемого клея и скорость склеивания во многом определяют скорость работы гофрировального агрегата. Наиболее часто используемые типы крахмала в гофроиндустрии – кукурузный и пшеничный. Свойства их клейстеров описаны ниже в табл. 1.

Таблица 1

Свойства клейстеров из кукурузного и пшеничного крахмалов

Тип крахмала	Стойкость к температуре и перемешиванию	Структура клейстера, консистенция	Клейстеризация
Кукурузный	Очень высокая	Длиннокапельная	Медленная, средняя температура клейстеризации
Пшеничный	Более чувствителен к температуре, чем кукурузный	Длиннокапельная (немного короче, чем у кукурузного)	Медленная, более низкая температура клейстеризации
Картофельный	Низкая стойкость к перемешиванию и нагреву	Очень длиннокапельная	Медленная, очень низкая температура клейстеризации.

Идеальный клей для высокоскоростного агрегата должен иметь высокий показатель стабильности в сочетании с низкой температурой клейстеризации и короткую текстуру (короткокапельную консистенцию). Это позволит добиться высокой скорости при низком уровне потребления энергии и низком уровне расхода при нанесении и при снижении разбрызгивания [2]. Основные показатели крахмалов по технической документации (НД) и данным поставщиков представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что влажность пшеничного крахмала «2» в среднем на 2 % ниже, чем у пшеничного крахмала «1» и на 3 % ниже, чем у кукурузного крахмала. Более низкая влажность крахмала соответственно дает экономию крахмала и выгодна потребителю; зольность и содержание протеина у обоих пшеничных крахмалов на одном уровне; у крахмала «2» нормируется патогенная микрофлора, а также показатель содержания плесени, дрожжей КОЕ/г – что говорит об высокой микробиологической чистоте крахмала. У других крахмалов в сопроводительных документах данный показатель не нормируется.

Таблица 2

Показатели крахмалов по НД пшеничного «1», и пшеничного «2», и кукурузного «1»

№	Наименование показателя по НД высший сорт	Норма по НД	Фактические показатели крахмалов		
			Кукурузный «1»	Пшеничный «1»	Пшеничный «2»
1	Внешний вид	Белый порошок	Соответствует	Соответствует	Соответствует
2	Массовая доля влаги, % не более	14,0	11,7-12,1	10,5-11,6	8,3-9,5
3	Массовая доля общей золы, % не более	0,2	0,08	0,18	0,17
4	Массовая доля протеина, % не более	0,8 – кукур. 0,3 – пшен.	0,35	0,18	0,12-0,23
5	Кислотность, не более, мл/100г	20	13,1	8,3	5,2
6	Микробиология, плесень, дрожжи, КОЕ/г, не более	100	Не нормируется	Не нормируется	20

* Пшеничный «1» и Пшеничный «2» – разные производители.

В табл. 3 представлены дополнительные потребительские свойства крахмалов, которые обычно не нормируются.

Таблица 3

Дополнительные потребительские свойства крахмалов

№	Наименование показателя	Предпочтительные характеристики	Фактические показатели крахмалов		
			Кукурузный «1»	Пшеничный «1»	Пшеничный «2»
7	Насыпная плотность крахмала, кг/м ³	Более высокая плотность лучше	0,61	0,63	0,65
8	Сыпучесть крахмала – угол наклона при котором происходит сыпучесть	Более низкий угол – лучше сыпучесть в бункере	-	89-93°	60-73°
9	Вязкость по Брукфильду 3,6%-ного р-ра в 1 н. NaOH, (шп. №2, 100 об/мин.), мПа·с	Более высокая вязкость – лучше	158	178	179
10	Вязкость по ВЗ-4 3,6%-ного р-ра в 1н. NaOH, с	Более высокая вязкость - лучше	27	37	36
11	Склонность к пенообразованию. Высота столбика пены 10%-ной суспензии крахмала	Более низкая пена – лучше – меньше пенообразование	12-14 мм	2,0 мм	1,0-3,0 мм
12	Температура клейстеризации, °С	56-72° – норма	70,5	57,0	58,5-59,0

По данным таблицы можно отметить, что насыпная плотность пшеничных крахмалов выше, чем у кукурузного, то есть в мешках и в бункере они занимают меньше места, чем кукурузный; угол сыпучести пшеничного крахмала «2» существенно ниже, чем у крахмала «1», что говорит о лучшей сыпучести и является положительным фактором для равномерной подачи крахмала из бункера в бак суспензии и стабильности концентрации при варке крахмала; вязкость у обоих пшеничных крахмалов одинакова и выше, чем у кукурузного, что можно считать преимуществом пшеничных крахмалов перед кукурузным. Чем выше вязкость крахмала, тем выше его молекулярная масса и, как правило, выше связующая способность; склонность к пенообразованию у пшеничных крахмалов примерно одинакова и существенно ниже, чем у кукурузного крахмала. Это связано с более низким содержанием белка в пшеничных крахмалах, чем в кукурузном. Белок способствует пенообразованию и является негативным фактором [4].

Рецептура клея на основе пшеничного крахмала принципиально отличается от кукурузного по двум компонентам – по расходу щелочи NaOH и по расходу буры. Как известно, NaOH является важнейшим компонентом клея и в типичной рецептуре клея типа “Stein Hall” выполняет в основном две функции. На первой стадии позволяет заварить первую порцию крахмала и получить вязкий носитель, а общая концентрация NaOH в готовом клее напрямую влияет на температуру клейстеризации крахмала – то есть на температуру схватывания клеевого шва.

На рис. 3 показано, как влияет концентрация щелочи NaOH на температуру клейстеризации суспензии крахмала.

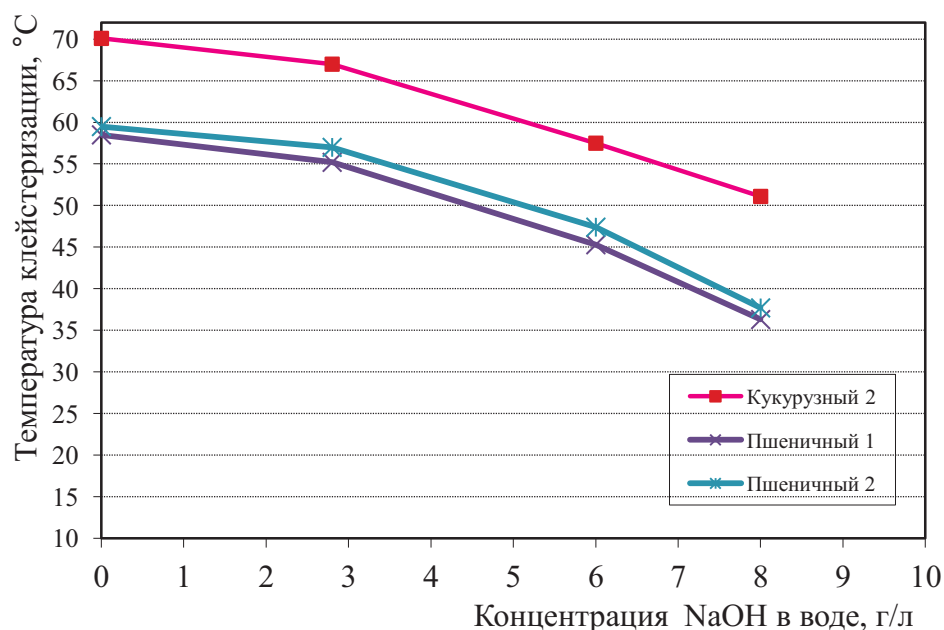


Рис.3. Влияние концентрации NaOH на температуру клейстеризации кукурузных и пшеничных крахмалов

Из рис. 3 видно, что для типичной рецептуры для кукурузного крахмала, где концентрация NaOH составляет около 5 г/л, температура клейстеризации составляет 60-62°C – и это считается оптимальной температурой для клея на кукурузном крахмале. Для пшеничного крахмала при той же концентрации NaOH в 5 г/л температура клейстеризации будет 48-50°C – это слишком низкая температура клейстеризации клея, так как создает опасность локального заваривания клея в ваннах гофроагрегата. Поэтому добавка NaOH в клей на основе пшеничного крахмала должна быть уменьшена примерно на 20% в соотношении с варкой на кукурузном крахмале.

Также добавка буры снижается на 25%. Нужно отметить, что в реальном клеевом составе температура клейстеризации крахмала будет несколько выше, чем на рис. 3, где NaOH добавляли в суспензии крахмала на дистиллированной воде.

В рецептуру клея необходимо вносить небольшие изменения с учетом следующих природных особенностей пшеничного крахмала: температура клейстеризации пшеничных крахмалов более низкая и составляет 56-60°C в отличие от кукурузных, где температура 70-72°C; вязкость у пшеничного крахмала обычно выше, чем у кукурузных крахмалов, что связано с природным происхождением.

Исходя из этих отличий в состав клея, рекомендуется внести следующие изменения: количество NaOH (по сухим веществам) в рецептуре клея пшеничного крахмала рекомендуется около 4,0 кг на 1000 кг готового клея, в отличие от кукурузного, где рекомендуется 5,0 кг NaOH на 1000 кг клея; расход буры – тетрабората натрия ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) рекомендуется снизить до 2,5 кг на 1000 кг клея, у кукурузного обычно 3,0-3,3 кг. Это связано с более высокой структурной вязкостью пшеничного крахмала.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

1. В гофропроизводстве пшеничный крахмал показал преимущества перед кукурузным: более низкая температура клейстеризации, более высокая насыпная плотность, более удачная текстура клея, низкое пенообразование.

2. Пшеничный крахмал можно рекомендовать для широкого промышленного использования для склейки при производстве гофрокартона.

Таким образом, в последние годы в отрасли все больше используют пшеничный крахмал. Одна из основных очевидных причин – коммерческая. На момент написания статьи пшеница, как сырьё для производства крахмала, занимала лучшее положение на рынке, чем кукуруза [2].

Список литературы

1. Башмаков В.С. Гофрокартон: технология производства и переработки.- Ярославль: ООО «Издательско-полиграфический комплекс «Индиго», 2016-328 с.-илл.
2. Тони Пинингтон Гофроиндустрия. В поисках совершенства. Под редакцией Майкла Брантона. Brunton Technical Publications Ltd.-493 с.
3. Пинчукова К.В., Глазкова Я. В., Кужугалдинова З. Перспективы использования модифицированного крахмала для улучшения эксплуатационных свойств бумаги и картона // Молодой ученый. – 2016. – №28. – С. 163-166.
4. Вдовина О.С. Поверхностная проклейка бумаги и картона синтезированным и полимерным клеем: Дис. ... канд. тех. наук:05.21.03/ Вдовина Ольга Сергеевна ФГБОУ ВО «Сибирский государственный технологический университет» - Красноярск 2016 -182 с.